

일본공개특허공보 평 13-133418호(2001.05.18) 1부.

[첨부그림 1]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-133418

(P2001-133418A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(61) Int.Cl.	特許出願番号	P I	特許出願番号 (参考)
G 0 1 N 21/858		G 0 1 N 21/858	A
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 15/00	B
15/00		G 0 1 N 13/10	E
G 0 1 N 13/10		G 0 6 T 1/00	3 0 5 A
G 0 6 T 1/00	3 0 5	7/00	2 0 0 C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 19 式) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-234951(1999-234951)

(22) 出願日 平成12年8月2日 (2000.8.2)

(31) 優先権主張番号 09/365583

(32) 優先日 平成11年8月2日 (1999.8.2)

(33) 優先権主張国 米国 (U.S.)

(71) 出願人 5002481919

シュルンベルジェ テクノロジーズ, イン
コーポレーテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95134-2302 サンホセ, ベイテック F
ライブ 160

(72) 発明者 ハミッド ケイ. アガジャン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94303 バロ アルト, ウェスト ベイシ
ホア 2456, ナンバー 7

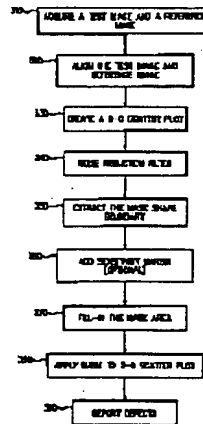
(74) 代理人 100065818

弁理士 内原 昌

(54) 【発明の名称】 形状特徴に基づく欠陥検出の方法及び装置

【課題】 半導体 ICデバイスの欠陥の検出において類似欠陥の検出を最小化するとともに実際の欠陥の検出を容易にする。

【解決方法】 被検画像からの画素のグレースケールを基準画像からの対応画素のグレースケールと対応させてプロットすることにより二次元分散プロットを作成する。その分散プロットに離散除去フィルタ処理を適用して、マスク生成用に抽出可能であり補填可能であるマスク形状を区画する。被検画像上の欠陥画素を、互いに対応する画素グレースケール値と上記マスクとの比較により特定する。この発明の主要な用途は半導体 ICデバイス製造中の半導体ウェーハ欠陥の検出である。



【특허請求의範圍】

【請求項 1】 欠陥を検출する方法であって、(a) 検査対象の物体の第 1 の画像およびそれと関連する第 2 の画像を生ずる過程と、(b) 前記第 1 の画像を前記第 2 の画像と位置合わせする過程と、(c) 前記第 1 の画像からの画素のグレーレベルを前記第 2 の画像からの対応の画素のグレーレベルと対応させてプロットすることにより第 1 のプロットを作成する過程と、(d) 前記第 1 のプロットをフィルタ処理することにより第 2 のプロットを作成する過程と、(e) 前記第 2 のプロットの形状により区画された縁部を有するマスクを作成する過程と、(f) 前記第 1 の画像に現れる欠陥を検출するように前記マスクを用いる過程とを含む方法。

【請求項 2】 形態素フィルタを用いてフィルタ処理を行う請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 前記マスクの範囲がユーザにより調節可能である請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 前記マスクの前記縁部の円滑化のために移動平均フィルタを用いる過程をさらに含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】 前記第 2 の画像をデータベースから得る請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 前記過程(c) および(d) のプロットをコンピュータに読出し可能な媒体に蓄積する過程をさらに含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】 請求項 1 記載の方法の実行のためのプログラムを蓄積したコンピュータに読出し可能な媒体。

【請求項 8】 コンピュータに読出し可能な媒体であって、

位置座標およびグレーレベルで各々が定義される複数の画素を各々が有する第 1 の画像およびそれと関連する第 2 の画像を表すデータを含む複数の記憶位置と、

前記第 1 の画像からの画素のグレーレベルの前記第 2 の画像からの対応の画素のグレーレベルに対するプロットをフィルタ処理することにより作成したマスクを区画するデータを蓄積した複数の記憶位置を有するアレーとを含むコンピュータに読出し可能な媒体。

【請求項 9】 前記フィルタ処理を形態素フィルタの利用により行う請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】 前記第 1 の画像からの画素のグレーレベルの前記第 2 の画像からの画素のグレーレベルに対するプロットを円滑化するように移動平均アルゴリズムを用いる請求項 8 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】 本発明は概括的にはデジタル画像処理に関し、とくに画像比較技術を用いて半導体装置中の欠陥を検出するシステムおよび方法に関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】 半導体ウェーハ中の欠

陥の検出には画像比較技術が用いられる。通常は検査画像を取り込み、それを基準画像と比較する。これら二つの画像の間の差の検出およびそれら差に基づく実際の欠陥の判定のために欠陥検出アルゴリズムを用いる。いわゆるランダム論理検査モードでは、第 1 のダイの画像を取り込み、次に同一ウェーハ中の第 2 のダイの画像と比較する。アレー検査モードも同様に動作が進むが、ダイの一区画を同じダイの中で同一構造を有するもう一つの区画と比較する点がランダム論理検査モードと異なる。アレー検査モードは例えばメモリセルなど同一パターン反復構造のデバイス検査に用いる。検査対象のウェーハからの複数の画像を比較する代わりに、取り込んだ検査画像をデータベースからの既知の無欠陥基準画像と比較して欠陥を検出することもできる。

【0003】 図 1 は従来技術における欠陥検出方法を図解する。分析対象のウェーハの形状特徴の検査画像および基準画像をそのウェーハの互いに異なる区画から例えば慣用の電子ビーム画像化技術を用いて取り込む(ステップ 110)。各画像は、その画像の中における位置および輝度またはグレーレベルで各々が定義される複数の画素から成る。画像処理におけるグレーレベルの利用はこの技術分野において周知であり、R. C. Gonzales および R. E. Woods 共著「デジタル画像処理」(Addison-Wesley 社 1992 年刊)の例えば第 6 頁乃至第 7 頁に記載されている。その記載をここに引用してその内容全部をこの明細書に組み入れる。次に、上記二つの画像を画素ごとに位置合わせして検査画像の中の各形状特徴と基準画像の中の対応の形状特徴とを照合できるようにする(ステップ 120)。次に、これら二つの画像のグレーレベルを減算することによって差分画像を発生する(ステップ 130)。互いに等しいグレーレベルを有する画素の画素は減算により零となるので上記差分画像が基準画像と検査画像との間の画素グレーレベル偏差を表す。この差分画像の中の各画素のグレーレベルを計測し正規化したもの。図 2 の曲線 200 など一次元ヒストグラムにプロットする(ステップ 140)。ヒストグラム 200 は上記差分画像の中で特定のグレーレベルを有する画素の数をプロットしたものである。例えば、ヒストグラム 200 はグレーレベル 50 の画素が上記差分画像の中に 20,000 個あることを示す。

【0004】 上記二つの画像に欠陥がない場合でも検査画像の一つの画素が基準画像の中の対応画素と同じでないことがあり得る。例えば、物理的層構造の相違や、画像取り込み電子回路および信号経路における雑音や、単一画像中でグレーレベルの差に応じて変動する雑音などにより誤差変動が生じ得るからである。すなわち、上記差分画像の中の画素は欠陥の存在を示すとは限らない。この類似欠陥を実際の欠陥から区別するために、差分画像の各画素を閾値と比較する(図 1、ステップ 150)。閾値を越えたグレーレベルを有する画素は実際

의欠陥と判定する。例えば、閾値が50であって第1画面の中の画素のグレーレベルが50である場合(すなわち、検出画像のグレーレベルと基準画像のグレーレベルとの差が50単位である場合)は、その画素は欠陥であると判定する(図1、ステップ150)。次に操作者は次の処理過程でダイを廃棄する前にこの欠陥事象がダイの実際の欠陥を示すものであることを確認するために検証する。

【0005】与えられた検出画像について最適の閾値を見出すことは重要であるが正確なタスクである。閾値は、類似欠陥を識別しながら実際の欠陥を検出するように選定しなければならない。閾値が低いほど多くの類似欠陥が検出される。類似欠陥は、各欠陥事象につき検証が必要となるので、製造効率に影響を及ぼす。一方、閾値を高くとると、類似欠陥事象はほんのものの実際の欠陥が検出されないままになる可能性が高まる。

【0006】したがって、類似欠陥検出を最小に抑えながら実際の欠陥を確実に検出できる欠陥検出方法が必要になっている。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の一つの実施例においては、第1の画像と第2の画像とを取り込んで位置合わせする。その第1の画像からの画素のグレーレベルを第2の画像からの対応の画素のグレーレベルと対応させてプロットすることにより第1の二次元分散プロットを作成する。次に、この第1の分散プロットのデータ点をフィルタ処理することにより第2の二次元分散プロットを作成する。この第2の分散プロットはマスクの形成のために検出可能なマスク形状を生ずる。上記第1および第2の画像からの対応画素のグレーレベルを上記マスクと比較することにより欠陥を特定する。

【0008】

【発明の実施の形態】この発明は解析対象の一方の画像に適応型閾値比較手法を適用することにより、上述の従来技術の欠陥検出方法の問題点を解消する。上述の画像対すべてに所定の閾値比較を適用する従来技術の方法と対照的に、この発明の方法は画像対の各々に対応した閾値マスクを用いる。この発明は、電子ビーム比較検査システム、高輝度フィールド比較検査システム、低輝度フィールド比較検査システム、レーザ比較検査システム、原子間力顕微鏡(AFM)比較検査システムなど多様な画像形成応用装置に用いることができる。

【0009】図3はこの発明の実施例の方法の各ステップの説明図である。ステップ310において、例えば半導体装置の検出画像と基準画像とを併用の画像取込み技術を用いて取り込む。この画像取込みは、この出願と同一出願人名義の特許出願である特許2000-002029「パターン形成すみの半導体基板における欠陥の検出」(平成12年1月7日提出)に記載した歩進式の画像取込みシステムを用いて達成することもでき、同出願

をここに参照してその記載内容全部をこの明細書に組み入れる。

【0010】ステップ320において、上記検出画像および基準画像を位置合わせしてこれら両画像の間の対応画素比較を遂行できるようにする。この出願と同一出願人名義の特許出願である特許2000-002018「形状特徴に基づく欠陥検出方法および装置」(平成12年1月7日提出)に記載した技術を含む多様な位置合わせ手法をこの発明と組み合わせ用いることができ、同出願をここに参照してその記載内容全部をこの明細書に組み入れる。検出画像の中の形状特徴すべてを基準画像の中の各対応形状特徴と確実に比較できるようにするために上記位置合わせステップすなわちアライメントステップが必要である。

【0011】ステップ320を図4A乃至図4Cにさらに詳細に図解する。図4Aは画素411-416を含む検出画像410を示す。これら画素の各々は画像上の位置とグレーレベルとによって定義される。例えば、画素413は $i=10$ 、 $j=30$ (すなわち(10, 30))の位置にある。画素413のグレーレベルはこの図解では50としてある。表1は検出画像410の上記画素の各々についての座標位置およびグレーレベルを示し、表2は基準画像420の画素421-426の各々についての座標位置およびグレーレベルを示す。

表 1

画 素	位置 (i, j)	グレーレベル
411	(10, 10)	100
412	(10, 20)	150
413	(10, 30)	50
414	(20, 30)	180
415	(20, 20)	200
416	(20, 10)	250

表 2

画 素	位置	グレーレベル
421	(10, 10)	100
422	(10, 20)	150
423	(10, 30)	50
424	(20, 30)	150
425	(20, 20)	100
426	(20, 10)	0

図4Cは検出画像410と基準画像420との位置合わせを図解する。位置合わせした画素位置431は画素411および421を含み、位置合わせした画素位置432は画素412および422を含み、以下同様となる。

【0012】基準画像と検出画像とを位置合わせすると、両画像間の画素対画素対応が既知となる。検出画像からの一つの画素のグレーレベルを基準画像の中の対応の画素のグレーレベルと対応させて位置合わせすみの各画素位置につきプロットすることによって、二次元(2D)分散プロットを作成する(図3、ステップ33

[첨부그림 4]

0) . 圖 4 C を例として用いて述べると、画像 4 1 1 のグレーレベルを画像 4 2 1 のグレーレベルに対応させてプロットし、画像 4 1 2 のグレーレベルを画像 4 2 2 のグレーレベルに対応させてプロットし、以下同様とす

る。位置 4 3 1 - 4 3 6 についてステップ 3 3 0 を実行すると圖 3 に示すデータが得られる。その結果得られた二次元分散プロット 5 0 0 を圖 5 に示す。

表 3

位置合わせ した画像位置 (x, y)	被検画像 グ レー レベ ル	基準画像 グ レー レベ ル	座 標 (x gray, y ref)
431	100	100	(100, 100)
432	150	150	(150, 150)
433	50	50	(50, 50)
434	180	150	(180, 150)
435	200	100	(200, 100)
436	250	0	(250, 0)

表 3 は位置合わせの画像位置 4 3 4、4 3 5 および 4 3 6 が多様なグレーレベルを呈し、したがって欠陥の存在を示していることを表す。一方、位置合わせの画像位置 4 3 1、4 3 2 および 4 3 3 は、これら位置における被検画像および基準画像のグレーレベルが等しいので、欠陥ではない。分散プロット 5 0 0 (圖 5) は欠陥の存在に関する情報をもたらす。互いに等しいグレーレベルの位置合わせの画像位置はすべて分散プロット 5 0 0 において仮想直線 5 0 1 により表示できる。仮想直線 1 の勾配は、被検画像のグレーレベルが基準画像中の対応画像のグレーレベルに等しいので + 1 である。プロットされる位置が仮想直線 5 0 1 から離れるほどグレーレベルの偏りが大きくなり、その位置に欠陥が

存在する確率が高まる。分散プロット 5 0 0 において、位置 4 3 4、4 3 5 および 4 3 6 は仮想直線 5 0 1 沿いになく欠陥の存在を示している。この明細書においては、二次元 (2D) 分散データの座標を画像画像位置座標 (i, j) から区別するために (x gray, y ref) で表示する。例えば、位置合わせの画像位置 4 3 5 は位置 (200, 100) の 2D 分散プロットデータ点として定義する。

【 0 0 1 3 】 二次元分散プロットをコンピュータプログラムで実用化する類似符号を下に示す。この類似符号ではグレーレベル値はメモリアレー変数 (分散) でプロットされる。

```

/* PSEUDO CODE FOR CREATING A 2D SCATTER PLOT */
Acquire Reference Image;
Acquire Test Image;
Align Test Image to Reference Image;
Create a 256x256 Image named scatter;
Initialize Scatter to 0;

Do for i = 1 to NumRows
{
  Do for j = 1 to NumCols
  {
    p1 = Reference(i,j);
    p2 = Test(i,j);
    scatter(p2,p1) = 1;
  }
}

Plot Scatter as an Image;
/* END OF PSEUDO CODE */

```

上述の 2D 分散プロットはこの出願と同一出願人名義の米国特許出願第 09/365, 517 号「欠陥検出のための二次元分散プロット手法」にも記載しているので、同出願をここに参照してその内容全体をこの明細書に組み入れる。

【 0 0 1 4 】 図 6 乃至図 8 は図 3 に示した実施例のステップ 3 1 0、3 2 0 および 3 3 0 の要約図解である。図 6 は欠陥 6 0 1 を含むウェーハから使用の手法で取り込んだ被検画像 6 0 0 である。基準画像 7 0 0 (圖 7) を

取り込んだのち被検画像 6 0 0 と位置合わせする。被検画像からの画像グレーレベルと基準画像の対応画像のグレーレベルと対応させてプロットすることにより、2D 分散プロット 8 0 0 (圖 8) を作成する。この分散プロットは手計算で作成でき、またプログラムしたコンピュータを用いても作成できる。分散プロット 8 0 0 のデータ点を暗色背景の中の白い点で示す。図示の直線 8 0 1 は被検画像画像と基準画像画像とが同じである位置合わせの画像位置を画する。例えば、被検画像 6 0 0 が基

塗画像700と同じである場合は、分散プロット800のデータ点はすべて直線901上にある。

【0015】分散プロット800は、被検画像および基準画像の中の欠陥601の画像も入れた全画像についてのグレーレベル情報を含む。上述のとおり、データ点の位置が直線901から遠いほどそのデータ点が欠陥の存在を示している確率が高い。この検出の方法は、この情報を利用して、欠陥画像と被検画像との区別のために分散プロット800に重畳できるマスクを形成する。このマスクを外れたデータ点は欠陥事象と判定する。

【0016】このマスクの縁部または境界を見出すために、分散プロット800のデータ点に雑音除去フィルタ処理を適用する(図3、ステップ340)。この雑音除去フィルタは、例えば形態素フィルタなど多様な慣用の雑音除去フィルタで構成できる。形態素フィルタはこの技術分野で周知であり、B. Jähne 著「デジタル画像処理の概念、アルゴリズムおよび科学的应用」(Springer Verlag 社1991年刊)第11章および R. C. Gonzalez および R. E. Woods 共著「デジタル画像処理」(Addison-Wesley 社1982年刊)第8章にも記載されているのでこれらを含めてその内容全部をこの明細書に組み入れる。

形態素フィルタ処理はマスク形状を画するように分散プロット800のデータ点を「圧縮」し「浄化」する。図9Aに示した20分散プロット950は分散プロット800に形態素フィルタ処理を適用した結果である。この分散プロット950はマスク形状900を示す。

【0017】境界抽出はマスク形状の境界データ点の各々の座標を記憶するデータ処理である(図3、ステップ350)。マスク形状900の境界抽出のための一つのアルゴリズムは次のとおりである。

マスク形状抽出アルゴリズム

(a1) 図9Bに示すとおり、分散プロット950の左上角から右下角に延びる直線901を描く。

(a2) 直線901から境界点までの垂直距離の測をたどる二つの被アレーを作成する。それら被アレーの片方を「上側」と表示する。「上側」アレーは直線901の上側(すなわち矢印902で示した領域)の境界点の上記垂直距離の測をたどるのに用いる。上記被アレーの他方、すなわち「下側」アレーは直線901の下側(すなわち矢印903で示した領域)の境界点の上記垂直距離の測をたどるのに用いる。垂直距離の測を直線901から境界点905に延びる直線904の長さとして図9Bに示してある。もう一つの垂直距離の測を直線901から境界点907に延びる直線906の長さとして図示してある。

(a3) 「上側」および「下側」アレーの構成要素全部を論理0に初期化する。

(a4) 分散プロット950上の座標位置 (tgray, rgray) の各々についてその座標にデータ点があるか否かをチェックする。データ点がある場合は下記

ステップ(a5)乃至(a9)に進み、ない場合は分散プロット上の次の位置に動く。図8、図9Aおよび図9Bにおいて、データ点は暗色背景に白い点で示してある(すなわち、データ点または論理1の点は白い点で示し、データなしの点または論理0の点は黒い点で示してある)。すなわち、図9Bの暗色の部分はデータ点を含んでいないので無視する。

(a5) 分散プロット位置がデータ点を有する場合は直線901からの垂直距離Dperpを測る。また、このデータ点の一次元(1D)距離プロファイル沿いの位置Rprofileを算出する。一次元(1D)距離プロファイルについてはさらに後述する。Rprofileは $Rprofile = (tgray + rgray) / 2$ (式1)で算出できる。

(a6) 座標 (tgray, rgray) が直線901の上側にある場合はDperpは正の値とし、下側にある場合は負の値とする。

(a7) Dperpが「上側」アレーの要素Rprofileに蓄積中の上記垂直距離よりも大きい場合は「上側」アレーの要素RprofileにDperpを蓄積する。

(a8) Dperpが「下側」アレーの要素Rprofileに蓄積中の上記垂直距離よりも小さい場合は「下側」アレーの要素RprofileにDperpを蓄積する。

(a9) 上記ステップをデータ点全部について繰り返す。

【0018】上述のマスク形状抽出アルゴリズムの実行後には「上側」および「下側」アレーはマスク形状境界点の垂直距離を含む。これら垂直距離の値および対応のRprofileを図10Aに示した1D距離プロファイルの作成に用いる。曲線1010は「上側」アレーの要素Rprofileに蓄積した垂直距離のグラフであり、曲線1020は「下側」アレーについての同様のグラフである。この抽出したマスク形状の検算をさらに明確にするために、例えば、移動平均アルゴリズムを用いて距離プロファイル1000をさらに円滑化することもできる。移動平均アルゴリズムはA. V. Oppenheim および R. W. Schaffer 共著「離散的時間信号処理」(Prentice-Hall 社1989年刊)に記載されていて周知であるので、同文献を参照してその内容全部をこの明細書に組み入れる。図10Bに示した距離プロファイル2000は上述の距離プロファイル1000に移動平均アルゴリズムを適用した結果得られたものである。曲線1030および1040はそれぞれ曲線1010および1020の移動平均である。

【0019】ユーザがマスクの範囲を変更できるようにするために、抽出したマスク形状に感度マージンを適用することもできる(図3、ステップ360)。ユーザの選択した感度の値を抽出マスク形状の計測またはオフセットに用いることもできる。図10Cの曲線1050は

곡선 1030의 각점에照度値 S_{value} を加算した結果を示す。曲線 1050は曲線 1040의 각点から S_{value} を加算した結果を示す。

【0020】抽出したマスク形状の境界内の座標点すべてに補填することによってマスク参照用テーブルを作成する(図3、ステップ370)。抽出したマスク形状の補填のためのアルゴリズムを図9B의 分散プロット950を用いて図解する。

マスク形状補填アルゴリズム

(b1) 二次元分散プロット $Mscatter$ を作成する。 $Mscatter$ のすべてのデータ点を論理1に設定する。

(b2) 分散プロット950의 위치 ($tgray$, $rgray$) の各々につき上記の式1を用いて $Rprofile$ を算出し、垂直距離 $Dperp$ を得る。

(b3) 図10Bに示した距離プロフィール2000(照度マージンを用いた場合は図10Cに示した距離プロフィール)に $Rprofile$ および $Dperp$ をプロットする。点 ($Rprofile$, $Dperp$) が曲線 1030および1040に囲まれている場合は $Mscatter$ の位置 ($tgray$, $rgray$) を論理0にリセットする。それ以外の場合は分散プロット950의 次の位置 ($tgray$, $rgray$) に続ける。

(b4) 上述のステップを位置全部について続ける。

【0021】上述のアルゴリズムにより図11의 $Mscatter1100$ が得られる。 $Mscatter1100$ は二次元分散プロット中の欠陥点の検出に使えるマスク1110を含む。マスク1110의 内側の点はずべて論理0である。図12は分散プロット800に重畳したマスク1110を示す。マスクの外側のデータ点はすべて欠陥事象と判定する。

【0022】欠陥の検出にマスク1110を用いる一つのアルゴリズムは次のとおりである。

マスクを用いた欠陥検出アルゴリズム

(c1) 検検画像および基準画像の画素すべてについて、対応のグレースケール $tgray$ および $rgray$ をそれぞれ計測する。

(c2) $Mscatter1100$ の位置 ($tgray$, $rgray$) が論理0であれば、それはその位置がマスクの内側にありしたがって欠陥事象はないことを示す。検検画像および基準画像の次の画素について続ける。

(c3) $Mscatter1100$ の位置 ($tgray$, $rgray$) が論理1であれば、それはその位置がマスクの外側にあり欠陥があることを示す。欠陥事象を報告する。

(c4) 検検画像および基準画像の画素対すべてについて続ける。

【0023】添付の参考資料はこの発明の実施化のしかたの他の例を示す。この参考資料はこの発明の方法のコンピュータ言語によるソースコードを示す。このコードは欠陥検査システムに専用の形で結合したコンピュータもしくはプロセッサまたは欠陥検査システムの一部を構成するコンピュータもしくはプロセッサによって実行する。それらシステムがこのソースコード、演算結果として得られるプロット、マスクなどをコンピュータに読取可能なメモリに通常蓄積することはもちろんである。表4はこの発明の方法の各ステップと上記参考資料のソースコードとの間の対応関係を示す。

表 4

C言語で示した機能	参考資料の頁番号	ステップ	注 釈
hist208	A/3	330	2D分散プロット
hist 208 open	A/3	330	形態素フィルタ
hist_208_10profile	A/4	350	1Dプロフィールを抽出し移動平均を適用
hist_208_fitbound	A/5	360, 370	照度マージンおよびマスク
hist_208_thresh	A/6	380	補填 欠陥検出用にチェック(閾値比較)

図13乃至15はこの発明の方法の効果をさらに示す。上述のアルゴリズムのステップ(c1)乃至(c4)を用いて分散プロット800上の欠陥を検出するように $Mscatter1100$ を用いると、図13に示した欠陥マップ1300が得られる。なお、欠陥マップ1300は検検画像600(図6)の欠陥601を正しく特定している。

【0024】図14は面線1401および1402で画した所定の閾値を分散プロット800に適用した状態を図解する。所定の閾値の利用は上記米国特許出願第09/365,517号に記載してあるので、開出願をさらに参照してその内容全体をこの明細書に組み入れる。直

점 1401および1402に囲まれていない点は欠陥事象と判定する。図15は上記所定の閾値を分散プロット8001に適用して得られた欠陥マップを示す。なお、欠陥601の補正に至らない多数の種別欠陥が検出されていたことに注目されたい。

【0025】この明細書の記載は説明を目的とするものであって限定を意図するものではないことを理解されたい。この発明の範囲と真意を逸脱することなく多数の変形が可能である。この発明の範囲は特許請求の範囲の各請求項の文言のみによって解釈されなければならない。

【図1】従来技術における欠陥検出方法の流れ図。

【図2】本発明の一実施例の方法の各ステップの説明図。

【図3】本発明の一実施例の方法の各ステップの説明図。

【図4】図4A-図4Cは本発明によるアライメントステップの説明図。

【図5】本発明による二次元分散プロットを示す図。

【図6】ウェーハから得られた接換画像を示す図。

【図7】ウェーハから得られた基準画像を示す図。

【図8】本発明による二次元分散プロットを示す図。

【図9A】図8の二次元分散プロットに形態素フィルタ処理を適用した結果を示す図。

【図9B】図8の二次元分散プロットに形態素フィルタ処理を適用した結果を示す図。

【図10A】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10B】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10C】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10D】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10E】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10F】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10G】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10H】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10I】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10J】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10K】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10L】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10M】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10N】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10O】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10P】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10Q】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10R】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10S】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10T】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10U】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10V】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10W】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10X】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10Y】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10Z】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AA】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AB】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AC】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AD】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AE】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AF】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AG】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AH】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AI】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AJ】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AK】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AL】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AM】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AN】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AO】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AP】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AQ】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AR】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AS】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AT】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AU】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AV】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AW】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AX】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AY】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図10AZ】本発明による一次元距離プロフィールを示す図。

【図15】所定の閾値を用いて得られたウェーハ欠陥マップを示す図。

【符号の説明】

図1

110 基準画像および接換画像を取り込む

120 画像を位置合わせする

130 差分画像(基準画像-接換画像)

140 計測、正規化、ヒストグラム作成

150 閾値比較

155 欠陥事象を知らせる

図3

310 接換画像と基準画像とを取り込む

320 それら接換画像と基準画像とを位置合わせする

330 2D分散プロットを作成する

340 雑音除去フィルタ処理にかけろ

350 マスク形状境界を抽出する

360 感度マージンを加算する(オプション)

370 マスク領域を補填する

380 2D分散プロットにマスクを適用する

390 欠陥を知らせる

200 ヒストグラム曲線

410 接換画像

420 基準画像

411-416, 421-426 画素

431-436 位置合わせした画素位置

501 仮想直線

600 接換画像

700 基準画像

800, 950 分散プロット

900 マスク形状

901 直線

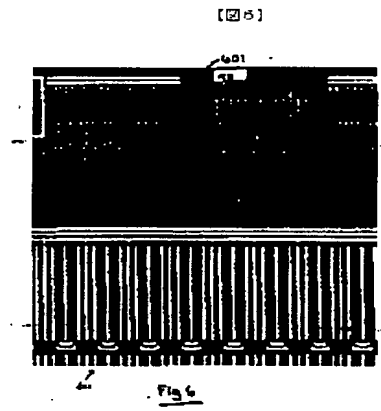
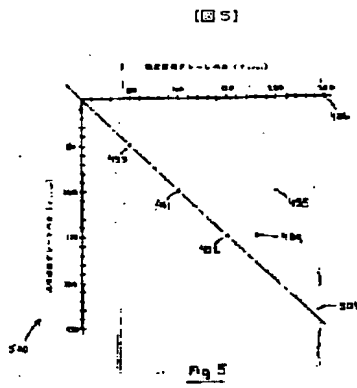
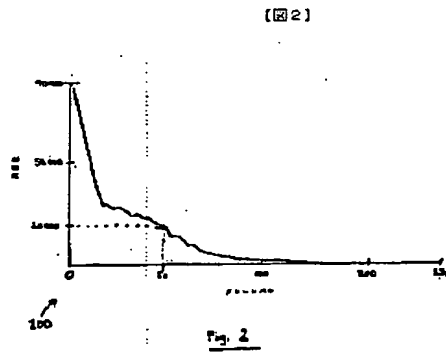
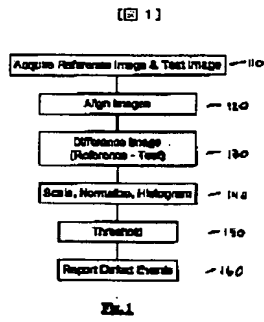
905, 907 境界点

1000, 2000 距離プロフィール

1110 マスク

1300 欠陥マップ

[첨부그림 8]



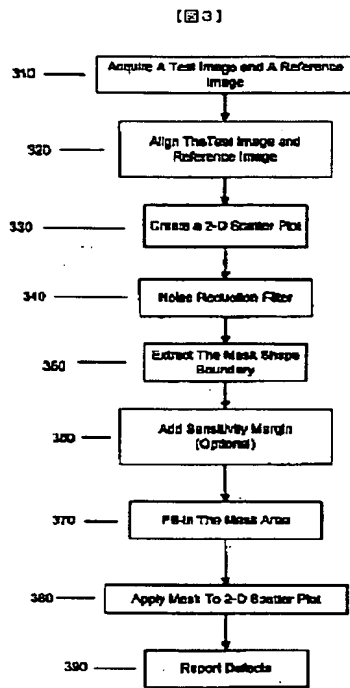
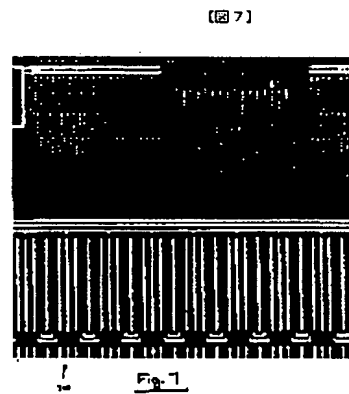


Fig. 3



(圖 4)

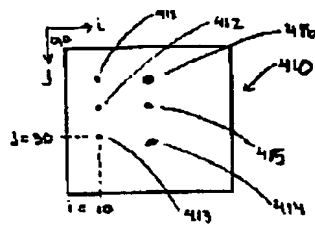


Fig. 4A

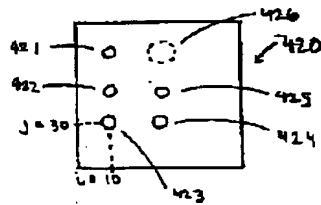


Fig. 4B

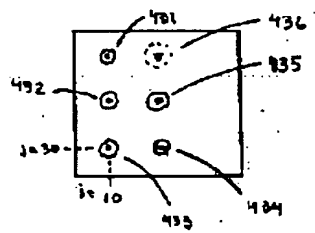


Fig. 4C

[9A]



Fig. 9A

[9B]

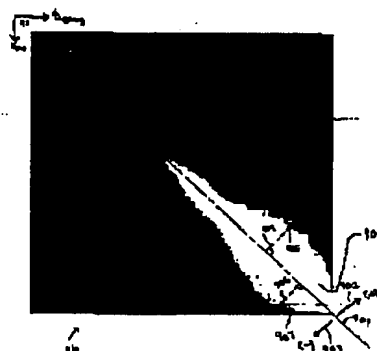


Fig. 9B

[10A]

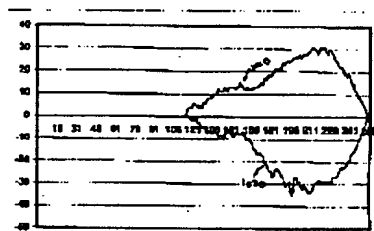


Fig. 10A

[10B]

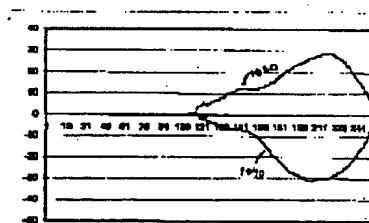


Fig. 10B

[圖 100]

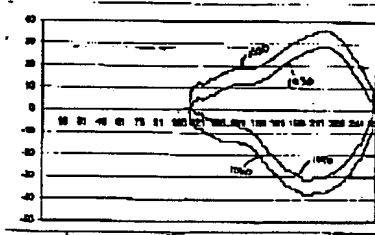


Fig. 100

[圖 101]

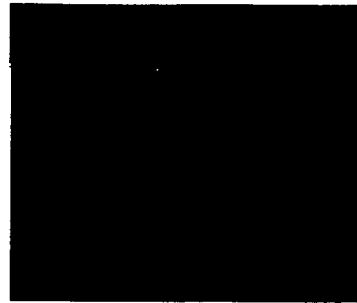


Fig. 101

[圖 102]

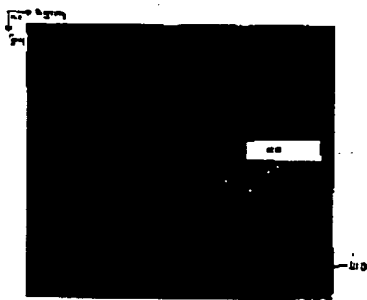


Fig. 102

[圖 103]

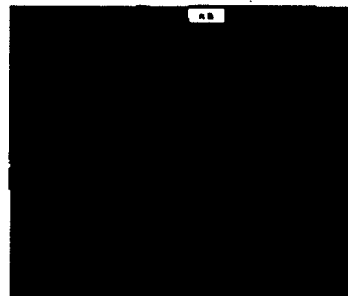


Fig. 103

【圖 14】

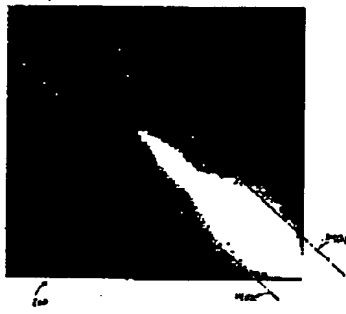


Fig. 14

【圖 15】

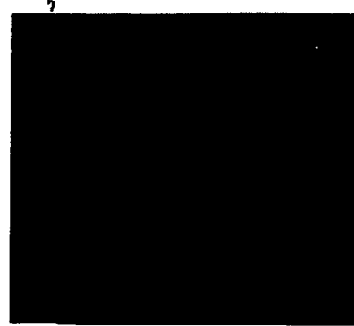


Fig. 15

【手続補正書】

【提出日】平成12年8月9日(2000. 8. 9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】ステップ320を図4A乃至図4Cにさらに詳細に図解する。図4Aは画素411-416を含む領域画像410を示す。これら画素の各々は画面上の位置とグレーレベルとによって定義される。例えば、画素413は $i=10$, $j=30$ (すなわち(10, 30))の位置にある。画素413のグレーレベルはこの図解では50としてある。表1は領域画像410の上記画素の各々についての座標位置およびグレーレベルを示し、表2は変換画像420の画素421-425の各々についての座標位置およびグレーレベルを示す。

表 1

画 素	座 標 (i, j)	グ レー レベル
411	(0, 10)	100
412	(0, 20)	150
413	(0, 30)	50
414	(0, 40)	180
415	(0, 50)	210
416	(0, 60)	250

表 2

画 素	座 標	グ レー レベル
421	(10, 10)	100
422	(10, 20)	150
423	(10, 30)	50
424	(0, 30)	180
425	(0, 50)	210
426	(0, 60)	0

図4Cは領域画像410と変換画像420との位置合わせを図解する。位置合わせした画素位置431は画素411および421を含み、位置合わせした画素位置432は画素412および422を含み、以下同様となる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】変換画像と領域画像とを位置合わせする

と、両画像間の画素対画素対応が誤和となる。被検画像からの一つの画素のグレーレベルを基準画像中の対応の画素のグレーレベルと対応させて位置合わせ済みの各画素位置につきプロットすることによって、二次元（2D）分散プロットを作成する（図3、ステップ330）。図4Cを例として用いて述べると、画素411のグレーレベルを画素421のグレーレベルに対応させて

プロットし、画素412のグレーレベルを画素422のグレーレベルに対応させてプロットし、以下同様とする。位置431-436についてステップ330を実行すると図3に示すデータが得られる。その結果得られた二次元分散プロット500を図5に示す。

表 3

位置合わせ した画素位置	被検画像 Pixel (i, j)	基準画像 Pixel (i', j')	配 値 (Gray Level)
431	100	100	(100, 100)
432	150	150	(150, 150)
433	50	50	(50, 50)
434	180	150	(180, 150)
435	200	150	(200, 100)
436	230	0	(230, 0)

表3は位置合わせ済みの画素位置434、435および436が異なるグレーレベルを呈し、したがって欠陥の存在を示していることを表す。一方、位置合わせ済みの画素位置431、432および433は、これら位置における被検画像および基準画像のグレーレベルが等しいので、欠陥ではない。分散プロット500（図5）は欠陥の存在に関する情報をもたらす。互いに等しいグレーレベルの位置合わせ済み画素位置はすべて分散プロット500において仮想直線501により表示できる。仮想直線1の勾配は、被検画像画素のグレーレベルが基準画像中の対応画素のグレーレベルに等しいので+1である。プロットされる位置が仮想直線501から離れるほどグレーレベルの偏移が大きくなり、その位置に欠陥が存在する確率が高まる。分散プロット500において、位置404、435および436は仮想直線501に沿わずに欠陥の存在を示している。この明細書においては、二次元（2D）分散データ点の座標を画像画素位置座標（i, j）から区別するために（i Gray, j Gray）で表示する。例えば、位置合わせ済み画素位置

435は位置（200, 100）の2D分散プロットデータ点として定義する。

【手順補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】 添付の参考資料はこの発明の実施例のしかたの他の例を示す。この参考資料はこの発明の方法のコンピュータ言語によるソースコードを示す。このコードは欠陥検査システムに専用の形で結合したコンピュータもしくはプロセッサまたは欠陥検査システムの一部を構成するコンピュータもしくはプロセッサによって実行する。それらシステムがこのソースコード、演算結果として得られるプロット、マスクなどをコンピュータに読取可能なメモリに通常蓄積することはもちろんである。表4はこの発明の方法の各ステップと上記参考資料のソースコードとの間の対応関係を示す。

표 4

C언어로 원시화한 데이터	데이터의 원시화	스레드	비고
hlat_200	A/3	200	300분간 플롯
hlat_200_south	A/3	200	가장자리 필터
hlat_200_north	A/3	200	100프로파일 추출
hlat_200_ebound	A/3	200, 100	변환율도 사용
hlat_200_south	A/3	200, 100	변환율도 사용
hlat_200_north	A/3	200	변환율도 사용

표 13乃至15はこの発明の方法の効果をさらに示す。
上述のアルゴリズムのステップ(c1)乃至(c4)を
用いて分散プロット8000上の欠陥を検出するようにM
scatter1100を用いると、図13に示した欠

陥マップ1300が得られる。なお、欠陥マップ1300
は検検画像600(図5)の欠陥601を正しく検定
している。

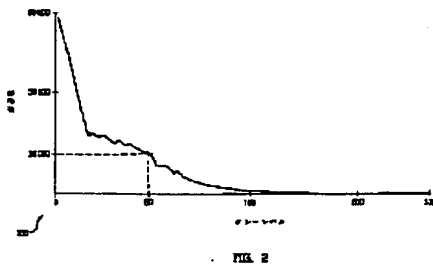
【手続補正書】

【提出日】平成12年12月4日(2000. 12.
4)

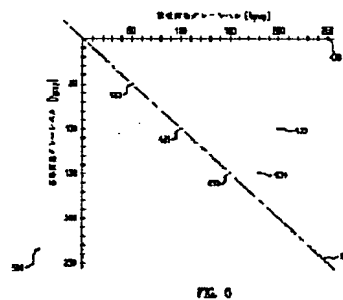
【補正方法】変更
【補正内訳】

【手続補正1】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】全図

【図2】



【図5】



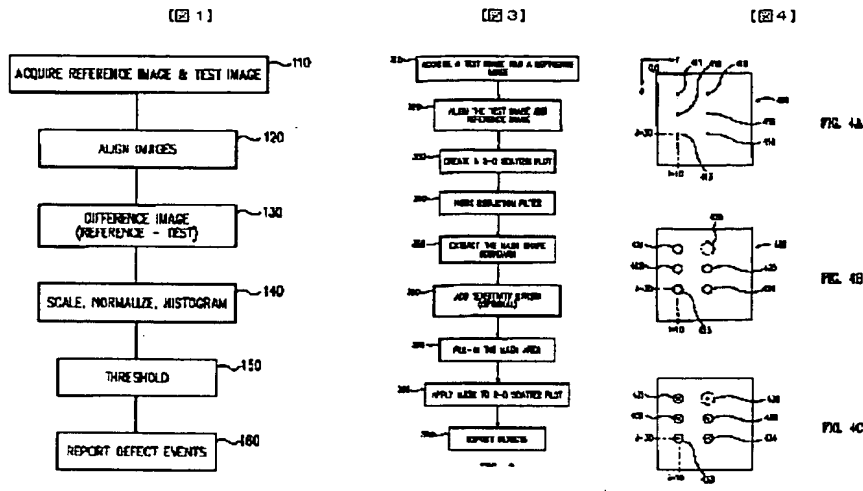


FIG. 1

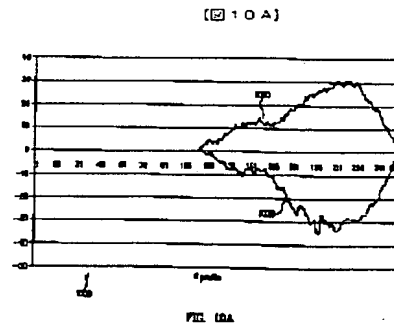
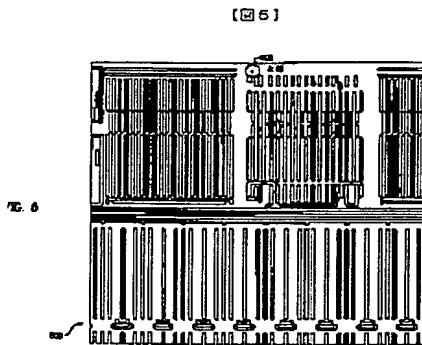
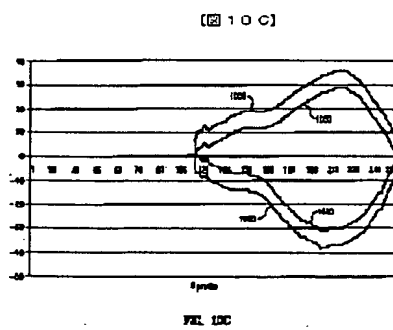
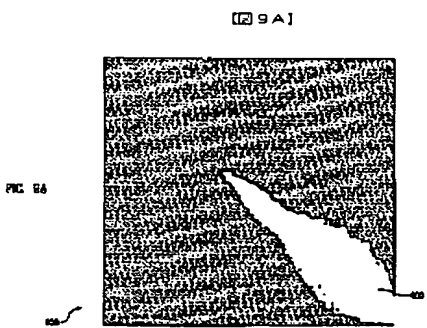
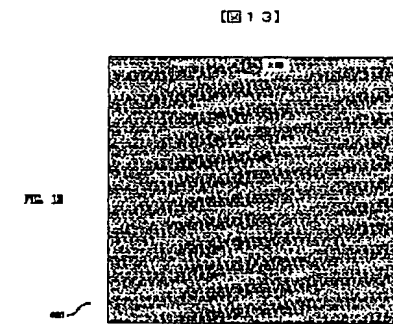
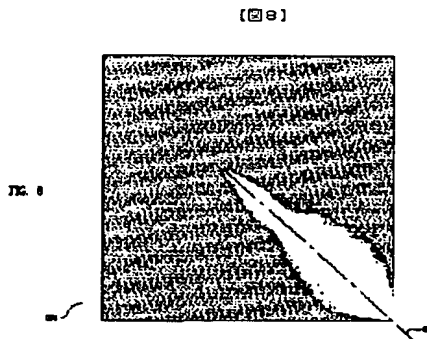
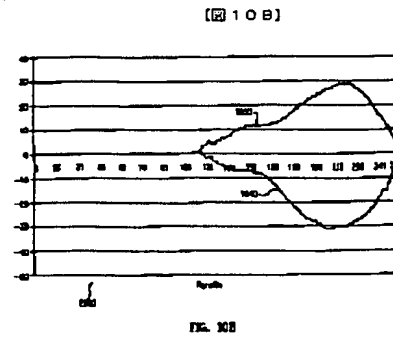
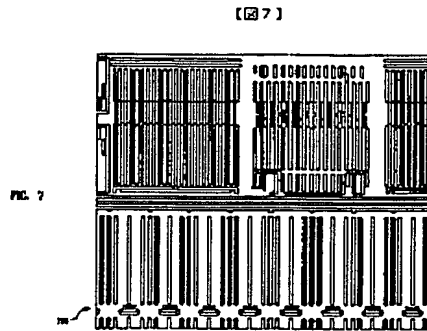
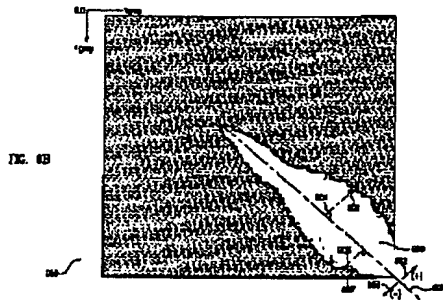


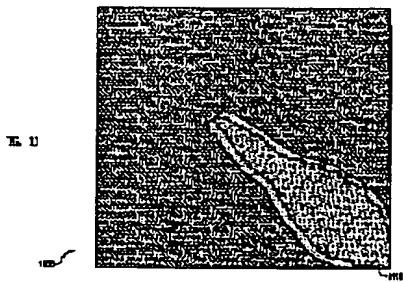
FIG. 5A



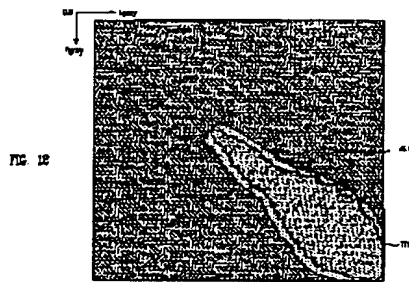
[98]



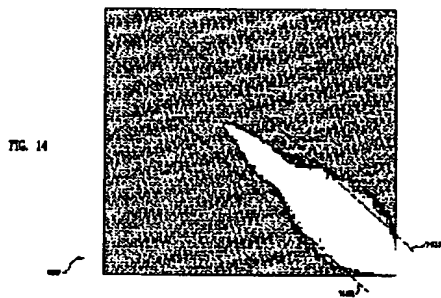
[11]



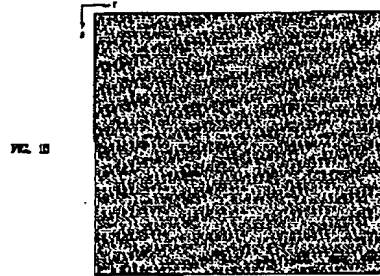
[12]



[14]



[図 15]



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 5 T 7/00

2 0 0

H 0 1 L 21/66

J

H 0 1 L 21/66

G 0 1 N 23/225

// G 0 1 N 23/225

G 0 1 B 11/24

F

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.